

In re application of: **Tetsuji Ueda et al.** Atty. Docket No. **52201-0611**  
U.S. serial no.: **09/997,222**  
Filed: **November 28, 2001**  
Title: **BLANK FOR AN OPTICAL MEMBER AS WELL AS  
VESSEL AND METHOD OF PRODUCING THE SAME**

Please acknowledge receipt of the following items in the above application by stamping this card and returning it to us:

1. Response to the Notice to File Missing Parts, with certificate of first-class mailing on April 30, 2002;
2. Copy of the Notice;
3. An executed declaration of the inventors;
4. An assignment for recording, with cover sheet;
5. A check in the amount of \$1110.00; and
6. priority documents DE 101 42 893.6 and JP 2000-365349.



# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 101 42 893.6

**Anmeldetag:** 3. September 2001

**Anmelder/Inhaber:** Heraeus Quarzglas GmbH & Co KG, Hanau/DE

**Bezeichnung:** Rohling für ein optisches Bauteil sowie Verfahren zur Herstellung desselben

**IPC:** G 02 B 1/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. Januar 2002  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Nietfeldt

**Patentanmeldung**  
**Heraeus Quarzglas GmbH**

**Rohling für ein optisches Bauteil sowie**  
**Verfahren zur Herstellung desselben**

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Rohling für ein optisches Bauteil aus Quarzglas, der eine Kontur des optischen Bauteils mit Übermaß umfasst und dessen Oberfläche durch eine Unterseite, eine dieser mit Abstand gegenüberliegende Oberseite, und einen um eine Mittelachse umlaufenden Außenrand gebildet wird

Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Rohlings für ein optisches Bauteil aus Quarzglas, umfassend die Verfahrensschritte, in denen eine die Kontur des herzustellenden optischen Bauteils mit Übermaß umfassende Vorform, deren Oberfläche durch eine Unterseite, eine dieser mit Abstand gegenüberliegende Oberseite, und einen um eine Mittelachse umlaufenden Außenrand gebildet wird, bereitgestellt und einer thermischen Behandlung unterworfen wird.

Ein gattungsgemäßer Rohling und ein Verfahren zu seiner Herstellung sind aus der EP-A 401 845 bekannt. Darin wird die Herstellung einer Linse für ein Mikrolithographiegerät beschrieben. Hierzu wird ein stabförmiger Block aus synthetischem Quarzglas in eine Anzahl plattenförmiger Rohlinge zersägt, wobei in der Regel aus jedem der Rohlinge ein optisches Bauteil erhalten wird. Die Rohlinge weisen jeweils gegenüber der Außenkontur des herzustellenden optischen Bauteils ein Übermaß auf, das im Verlauf der weiteren Fertigungsverfahrens abgetragen wird.

Die Homogenität des Quarzglas-Rohlings hängt sowohl von einer gleichmäßigen chemischen Zusammensetzung, als auch von einer homogenen Verteilung der sogenannten „fiktiven Temperatur“ über den Rohling ab. Bei der fiktiven Temperatur handelt es sich um einen Parameter, der die spezifische Netzwerkstruktur des

Quarzglas charakterisiert. Ein gängiges Messverfahren zur Ermittlung der fiktiven Temperatur anhand einer Messung der Raman-Streuintensität bei einer Wellenzahl von etwa  $606\text{ cm}^{-1}$  ist in „Ch. Pfeleiderer et. al; „The UV-induced 210 nm absorption band in fused Silica with different thermal history and stoichiometry“; J. Non-Cryst. Solids 159 (1993) 145-143“ beschrieben.

Um mechanische Spannungen innerhalb des plattenförmigen Rohlings abzubauen und eine homogene Verteilung der fiktiven Temperatur zu erreichen, wird dieser üblicherweise sorgfältig getempert. In der EP-A 401 845 wird ein Temperprogramm vorgeschlagen, bei dem der Rohling einer 50-stündigen Haltezeit bei einer Temperatur von etwa  $1100\text{ °C}$  unterworfen wird und abschließend in einem langsamen Abkühlschritt mit einer Abkühlrate von  $2\text{ °/h}$  auf  $900\text{ °C}$  und dann im geschlossenen Ofen auf Raumtemperatur abgekühlt wird. Bei dieser Temperaturbehandlung kann es durch Ausdiffusion von Komponenten zu lokalen Veränderungen der chemischen Zusammensetzung –insbesondere in den oberflächennahen Bereichen - des Rohlings kommen. Insoweit kann sich ein besonders langes Tempern des Rohlings zur Einstellung einer möglichst gleichmäßigen Verteilung der fiktiven Temperatur auf dessen Homogenität sogar nachteilig auswirken.

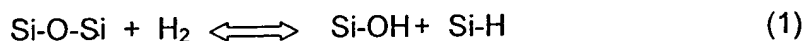
Die Oberfläche des bekannten Rohlings wird durch eine ebene Unterseite, eine dieser gegenüberliegende ebene Oberseite und eine Oberseite und Unterseite verbindende Zylindermantelfläche gebildet. Die Oberfläche umgibt die Bauteil-Kontur mit Übermaß. Allein das Vergrößern des Übermaßes ist keine bevorzugte Maßnahme, um die Ausdiffusion aus dem Bereich der Bauteil-Kontur beim Tempern zu verringern. Denn größere Rohling-Abmessungen erfordern längere Temperzeiten, um eine gleichmäßige Verteilung der fiktiven Temperatur innerhalb der Bauteil-Kontur zu gewährleisten. Längere Temperzeiten erhöhen die Fertigungskosten und fördern wiederum die Ausdiffusion. Darüber trägt ein großes Übermaß auch wegen größerer Materialverluste zu höheren Fertigungskosten bei.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Rohling bereitzustellen, aus dem optische Bauteile hoher Homogenität erhalten werden können, und ein

kostengünstiges Verfahren zur Herstellung eines derartigen Rohlings anzugeben.

Hinsichtlich des Rohlings wird diese Aufgabe ausgehend von dem eingangs genannten Rohling erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass ein im Bereich des Außenrandes beginnender und sich in Richtung der Mittelachse erstreckender, umlaufender Verdickungsbereich vorgesehen ist, in welchem der Abstand zwischen Unterseite und Oberseite größer ist als im Bereich der Mittelachse.

Wie bereits erwähnt, wird die Homogenität des Quarzglas es im wesentlichen bestimmt durch die Verteilung der fiktiven Temperatur einerseits, und durch die Verteilung der chemischen Komponenten des Quarzglas es andererseits. Einige der im Hinblick auf die Homogenität zu beachtenden chemischen Komponenten sind die Hydroxylgruppen (OH), die Si-H-Gruppen (Si-H) und molekular gelöster Wasserstoff, (H<sub>2</sub>). Grundvoraussetzung für homogenes Quarzglas ist, dass diese Komponenten im SiO<sub>2</sub>-Netzwerk homogen verteilt sind. Die lokale Konzentration der Komponenten OH, Si-H und H<sub>2</sub> an einer beliebigen Stelle „X“ innerhalb des Rohlings stellt sich infolge einer Gleichgewichtsreaktion ein, die sich wie folgt beschreiben lässt:



Die Lage des Gleichgewichts ist von der Temperatur, der OH- SiH- und der Wasserstoffkonzentration abhängig. Neben der lokalen Temperatur ist hierbei insbesondere die lokale Wasserstoffkonzentration zu beachten, da diese wegen der hohen Diffusionskonstante von Wasserstoff in Quarzglas durch Ausdiffusion beim Tempern stark beeinflusst werden kann, wohingegen die OH-Konzentration durch das Tempern wenig beeinflusst wird.

Die Erfindung macht sich die Erkenntnis zunutze, dass die Lage des chemischen Gleichgewichts nach Gleichung (1) nicht nur direkte Auswirkungen auf die Homogenität des Quarzglas es hat, sondern darüber hinaus auch die Einstellung der fiktiven Temperatur beeinflusst. Es hat sich gezeigt, dass eine homogene Verteilung der fiktiven Temperatur nur dann erreicht werden kann, wenn gleichzeitig auch die Lage der Gleichgewichtsreaktion (1) homogen verteilt ist.

Konzentration der im Quarzglas enthaltenen Komponenten, die an der Gleichgewichtsreaktion (1) teilnehmen, homogen verteilt ist. Da sowohl die fiktive Temperatur als auch das chemische Gleichgewicht nach (1) von der Konzentration der beteiligten Komponenten als auch von der absoluten Temperatur abhängen, ist im Idealfall eine zu jedem Zeitpunkt während des Temperns (insbesondere während der Abkühlphase) eine möglichst homogene Temperaturverteilung unter der Randbedingung, dass die Absolut-Konzentrationen der besagten chemischen Komponenten zu Beginn des Prozesses im Rohling ebenfalls homogen verteilt sind. Der Einstellung der Gleichgewichtsverteilung von Temperatur und Wasserstoff wirkt jedoch einerseits die Wärmeleitung des Rohlings und andererseits die Diffusion von Wasserstoff in Quarzglas entgegen.

Dennoch kann auch unter diesen Randbedingungen die bisher bei der Temperaturbehandlung übliche zylindrische Plattengeometrie der Rohlings verbessert werden. Denn die Plattengeometrie ist aus den im Folgenden aufgeführten Gründen nicht geeignet, eine homogene Verteilung der besagten Komponenten und eine homogene Temperaturverteilung im Bereich der Bauteilkontur zu erreichen:

1. Beim Abkühlen eines Quarzglaskörpers bildet sich zwangsläufig ein von Innen nach Außen steigender – und beim Aufheizen ein in dieser Richtung fallender – Temperaturgradient aus. Daher stellt sich in Abhängigkeit von der lokalen Temperatur zwangsläufig innerhalb des Quarzglaskörpers ein lokal anderes chemisches Gleichgewicht nach Gleichung (1) ein.
2. Im Verlauf der Temperaturbehandlung verringert sich der Wasserstoffgehalt aufgrund von Ausdiffusion innerhalb des Quarzglaskörpers (sofern einer Ausdiffusion nicht entgegengewirkt wird, etwa durch Aufrechterhaltung eines ausreichend hohen  $H_2$ -Partialdrucks in der Umgebungsatmosphäre). Dabei verarmen zunächst die oberflächennahen Bereiche des Quarzglaskörpers unter Ausbildung eines Konzentrationsgradienten von Innen nach Außen, was ebenfalls in einer lokal unterschiedlichen Einstellung des chemischen Gleichgewichts (1) resultiert.

3. Ein Temperaturgradient gemäß 1. und ein Konzentrationsgradient und damit einhergehend ein lokal unterschiedliches chemisches Gleichgewicht (1) gemäß 2. haben eine lokal unterschiedliche Viskosität zur Folge. Auch die Viskosität wirkt sich wiederum auf die Einstellung der lokalen Netzwerkstruktur des Quarzglases und damit auf die fiktive Temperatur aus, so dass auch lokale Unterschiede im zeitlichen Viskositätsverlauf zu einer inhomogenen Verteilung der fiktiven Temperatur führen.

Die unter 1. bis 3. beschriebenen und im Hinblick auf die Homogenität ungünstigen Effekte (Temperaturgradient, Konzentrationsgradient, lokal unterschiedlicher Viskositätsverlauf) werden beim erfindungsgemäßen Verfahren durch einen am Außenrand umlaufenden Verdickungsbereich verringert. Innerhalb dieses Verdickungsbereichs ist der Abstand zwischen Unterseite und Oberseite - und damit auch der Abstand zwischen der Bauteil-Kontur und der freien Oberfläche - größer als im Bereich der Mittelachse des Rohlings. Der Verdickungsbereich beginnt im Bereich des Außenrands - also unmittelbar an demselben oder etwas dahinter - und erstreckt sich von dort über die gesamte Rohling-Oberfläche oder einen Teil davon in Richtung der Mittelachse.

Unter der „Bauteil-Kontur“ wird der um das Übermaß verringerte Bereich des Rohlings verstanden, aus dem letztlich das optische Bauteil gefertigt wird. Die Bauteil-Kontur ergibt sich als eine die Abmessungen des optischen Bauteils umhüllende Rechteckform.

Der Verdickungsbereich bildet einen Teil des Übermaßes des Rohlings. Erfindungsgemäß ist das Übermaß dabei am Randbereich größer als im Mittelbereich. Es hat sich gezeigt, dass sich durch eine derartige Anhäufung von Quarzglasmasse im Randbereich des Rohlings beim Abkühlen während der Temperaturbehandlung geringere Temperaturgradienten im Bereich der Bauteil-Kontur ausbilden. Randeffekte, die eine Ausdiffusion von Wasserstoff fördern können, werden minimiert, da sich ein wesentlicher Teil der Masse des Rohlings im Randbereich konzentriert. Dadurch wird auch die Ausdiffusion von Wasserstoff aus dem Bereich der Bauteil-Kontur verringert, so dass sich in diesem Bereich ein geringer

Gradient der Wasserstoffkonzentration einstellt. Letztlich wird durch den Verdickungsbereich die Gesamtmasse des Rohlings und der Materialfaktor nicht wesentlich erhöht, da das zusätzliche Übermaß im wesentlichen auf den Rand des Rohlings beschränkt sein kann.

Die Geometrie des Außenrands des Rohlings ist für den Erfolg der erfindungsgemäßen Lehre nicht entscheidend. Der Außenrand wird in der Regel die Kante zwischen Oberseite oder Unterseite und einer Zylindermantelfläche bilden; er kann aber beispielsweise auch eine nach Innen oder nach Außen gewölbte oder spitz zulaufende seitliche Begrenzung des Rohlings darstellen.

Die Stärke des Verdickungsbereichs ist im Bereich des Außenrandes größer als im Bereich der Mittelachse. Dementsprechend nimmt der Abstand zwischen Unterseite und Oberseite vom Rand nach Innen ab. Die Verkürzung des Abstands kann in einen oder mehreren Stufen erfolgen. Als besonders günstig hat es sich aber erwiesen, wenn der Abstand zwischen Unterseite und Oberseite über den Verdickungsbereich – vom Außenrand in Richtung der Mittelachse gesehen – stetig abnimmt. Der Verdickungsbereich nimmt somit von Außen nach Innen über mindestens einen Teil der Rohling-Oberfläche kontinuierlich ab. Die Kontinuität der Abnahme des Verdickungsbereichs wirkt einer Ausbildung von Temperatur- oder Konzentrationssprüngen innerhalb des Rohlings, und insbesondere innerhalb der Bauteil-Kontur entgegen. Außerdem wird dadurch der Materialfaktor gering gehalten.

Dabei hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn der Abstand schneller als linear abnimmt. Die Abnahme folgt beispielsweise eine Exponential- oder einer Parabol-Funktion. Dabei erhält der Verdickungsbereich eine konkave Wölbung von Außen nach Innen (im folgenden als „konkave Temperform“ bezeichnet). Es hat sich gezeigt, dass sich bei einer konkaven Temperform beim Aufheizen und Abkühlen ein zeitlich und räumlich besonders homogenes Temperaturprofil mit geringem Gradienten innerhalb der Bauteil-Kontur einstellt. Im Vergleich zum bekannten Rohling in Form einer zylinderförmigen Platte – wie eingangs beschrieben – ergibt sich bei einer konkaven Temperform entlang jeder beliebigen radialen Achse innerhalb des Rohlings eine geringere zeitliche Änderung des Wärmestroms und



damit ein homogeneres Temperaturprofil. Dies ist nicht nur eine wichtige Voraussetzung für die Herstellung spannungsarmer Rohlinge, sondern auch für einen homogenen Verlauf der Lage des chemischen Gleichgewichts nach Gleichung (1).

Ein räumlicher Temperaturgradient innerhalb des Rohlings lässt sich zwar auch bei einer konkaven Temperform nicht verhindern. Aufgrund des gleichmäßigeren Wärmeffusses während des Abkühlens oder Aufheizens ist der maximale Temperaturunterschied im Bereich der Bauteil-Kontur bei einer konkaven Temperform jedoch deutlich geringer als bei einer plattenförmigen Vorform, so dass sich eine eher flache Temperaturverteilung einstellt. Dies ist gleichzeitig eine gute Voraussetzung für eine homogenere Verteilung der Lage der Gleichgewichts (1) innerhalb der Bauteil-Kontur.

Desweiteren kann auch die Bildung eines Gradienten der Wasserstoffkonzentration bei einer konkaven Temperform nicht verhindert werden. Dennoch stellt sich bei einer konkaven Temperform innerhalb der Bauteil-Kontur eine homogenere Wasserstoffverteilung ein als bei einer Plattenform. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die konkave Temperform zu einer Verlängerung der mittleren Diffusionsweglänge, bei gleichzeitiger Angleichung der Diffusionsweglängen entlang beliebiger radialer Achsen innerhalb des Rohlings führt. Dadurch ergibt sich – im Vergleich zur Plattenform – eine engere Verteilung der Diffusionsweglängen.

Dies alles trägt letztendlich dazu bei, dass bei einer konkaven Temperform die Lage des Gleichgewichts (1) entlang einer beliebigen radialen Achse innerhalb des Rohlings, und damit auch die Verteilung der fiktiven Temperatur und der zeitliche Viskositätsverlauf entlang dieser Achse homogener ist als bei einem plattenförmigen Rohling.

Anstelle der oben erläuterten exponentiellen oder parabolischen Abnahme des Abstands zwischen Unterseite und Oberseite über den Verdickungsbereich nimmt der Abstand in einer alternativen, jedoch gleichermaßen bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rohlings linear ab (im folgenden als lineare Temperform bezeichnet). Bei der Temperaturbehandlung unter Einsatz einer

linearen Temperform stellen sich die Wirkungen hinsichtlich der Ausbildung eines geringen Gradienten der Temperatur und der Wasserstoffkonzentration innerhalb des Rohlings, sowie der Verteilung der Lage der Gleichgewichts (1) innerhalb der Bauteil-Kontur zwar in geringerem Maße ein, wie bei der konkaven Temperform. Jedoch ist die lineare Temperform einfacher zu fertigen und daher besonders geeignet für Anwendungen des optischen Bauteils mit weniger hohen Anforderungen an die optische Homogenität.

Vorzugsweise beginnt der Verdickungsbereich am Außenrand. Dadurch können Übermaß und damit der Materialfaktor und Fertigungskosten gering gehalten werden.

Es hat sich weiterhin als günstig erwiesen, wenn sich der Verdickungsbereich von der Mittelachse bis zum Außenrand erstreckt. Dies ergibt sich eine Vereinfachung beim Fertigen des Rohlings und geometrische Stufen und damit einhergehende Sprünge physikalischer und chemischer Parameter, die zu optischen Inhomogenitäten beitragen können, werden vermieden. Darüber hinaus kann sich die oben erläuterte günstige Wirkung des Verdickungsbereichs hinsichtlich einer Verringerung von Temperaturgradient, Konzentrationsgradient und lokal unterschiedlichem Viskositätsverlauf innerhalb der Bauteil-Kontur über deren gesamten Querschnitt entfalten.

Es wird eine Ausführungsform des Rohlings bevorzugt, bei der die Unterseite und die Oberseite mit einem Verdickungsbereich versehen sind. Die sich dabei an Unterseite und Oberseite gegenüberliegenden Verdickungsbereiche haben in der Regel ähnliche oder – idealerweise identische – Geometrie. Im zuletzt genannten Fall weist der Rohling Spiegelsymmetrie auf, wobei die Spiegelebene senkrecht zur Mittelachse und in der Mitte zwischen Unterseite und die Oberseite verläuft. Die Symmetrie des Rohlings erleichtert die Einstellung der Homogenität beim optischen Bauteil, insbesondere die Einstellung eines symmetrischen Verlaufs des Brechungsindex.

Hinsichtlich des Rohlings wird die oben angegebene Aufgabe ausgehend von dem eingangs genannten Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass als Vorform ein Rohling gemäß der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird.

Der erfindungsgemäße Rohling zeichnet sich durch einen im Bereich des Außenrandes beginnenden und sich in Richtung der Mittelachse erstreckenden, umlaufenden Verdickungsbereich aus, in welchem der Abstand zwischen Unterseite und Oberseite größer ist als im Bereich der Mittelachse des Rohlings. Wird ein derartig ausgebildeter Rohling einer Temperbehandlung zur Beseitigung mechanischer Spannungen unterworfen, entfaltet der Verdickungsbereich vorteilhafte Wirkungen hinsichtlich der Ausbildung eines geringen Gradienten der Temperatur und der Wasserstoffkonzentration innerhalb des Rohlings, sowie der Verteilung der Lage der Gleichgewichts (1) innerhalb der Bauteil-Kontur. Insoweit wird auf die obigen Erläuterungen zum erfindungsgemäßen Rohling und dessen bevorzugten Ausgestaltungen verwiesen.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und einer Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen im einzelnen in schematischer Darstellung:

- Figur 1** eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Rohlings für ein optisches Bauteil in Seitenansicht,
- Figur 2** einen Rohling für ein optisches Bauteil nach dem Stand der Technik in Seitenansicht,
- Figur 3** eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Rohlings für ein optisches Bauteil in Seitenansicht, und
- Figur 4** eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Rohlings für ein optisches Bauteil in einer Seitenansicht.

Die in den Figuren 1 bis 4 dargestellten Rohlinge 1, 2, 3, 4 aus Quarzglas sind jeweils im wesentlichen scheibenförmig und um eine Mittelachse 5 rotationssymmetrisch ausgebildet. Außerdem sind die Rohlinge 1, 2, 3, 4 jeweils spiegelsymmetrisch entlang einer senkrecht zur Mittelachse 5 und zur Blattebene verlaufenden Spiegelebene 6. Die Rohlinge 1, 2, 3, 4 weisen jeweils eine Oberseite 7, eine Unterseite 8 und einen Außenrand 9 auf. Sie umfassen einen inneren Bereich mit der

Kontur 10 des aus dem Rohling herzustellenden optischen Bauteils, das von einem Übermaß 11 allseitig umgeben ist. Der Abstand zwischen Unterseite 8 und Oberseite 7 im Bereich des Außenrandes 9 ist jeweils durch einen Abstandspfeil A gekennzeichnet.

In **Figur 2** ist ein Rohling 2 dargestellt, wie er bisher üblicherweise für die Herstellung von Linsen für die Mikrolithographie verwendet worden ist. Der Rohling 2 zeichnet sich eine einfache plattenförmige Zylindergeometrie mit ebener Oberseite 7 und ebener Unterseite 8 auf. Der Abstand zwischen Unterseite 8 und Oberseite 7 ist über die gesamte Platte konstant. Beim Tempern zum Abbau mechanischer Spannungen (insbesondere beim Abkühlen) kommt es aufgrund dieser Rohling-Geometrie zu deutlichen Temperaturgradienten von der Oberfläche nach Innen, insbesondere vom Rand 9 nach Innen, der sich bis in den Bereich der Bauteil-Kontur 10 auswirken. Damit einhergehend stellt sich in Abhängigkeit von der lokalen Temperatur innerhalb des Rohlings 2 ein lokal anderes chemisches Gleichgewicht nach Gleichung (1) ein. Darüber hinaus verringert sich im Verlauf der Temperaturbehandlung der Wasserstoffgehalt aufgrund von Ausdiffusion unter Ausbildung eines Konzentrationsgradienten von Innen nach Außen, wobei dieser wiederum im Bereich des Randes 9 – mit Auswirkungen in die Bauteil-Kontur 10 - am stärksten ausgebildet ist. Auch dieser Konzentrationsgradient führt zu lokal unterschiedlichen Einstellungen des chemischen Gleichgewichts (1) und der Viskosität. Mit der Folge, dass sich innerhalb der Kontur 10 Bereiche mit unterschiedlicher fiktiver Temperatur und unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung befinden, die letztlich als Inhomogenitäten – in der Regel Brechungsindexschwankungen - des optischen Bauteils erscheinen.

Bei dem in **Figur 1** schematisch dargestellten Rohling 1 wird die Bildung derartiger Inhomogenitäten beim Tempern aufgrund dessen besonderer Geometrie minimiert. Der erfindungsgemäße Rohling 1 ist mit einer konkav nach Innen gewölbten Oberseite 7 und einer ebenso konkav nach Innen gewölbten Unterseite 8 ausgebildet (konkave Temperform). Bei dieser Geometrie nimmt der Abstand „A“ zwischen Unterseite 8 und Oberseite 7 vom Rand 9 zur Mittelachse 5 kontinuierlich ab. Der

Rohling 1 hat einen Außendurchmesser von 300 mm. Der Abstand A zwischen Oberseite und Unterseite im Bereich der Mittelachse 5 beträgt 80 mm und im Bereich des Außenrandes 9 liegt der Abstand A bei 165 mm. Die konkave Innenwölbung lässt sich – beginnend an der Mittellinie 5 - durch folgende mathematische Funktion beschreiben:

$$y = 40 + 0,02 x^2 \text{ [mm]}$$

Die Bauteil-Kontur 10 hat die Form einer runden, ebenen Platte mit einem Außendurchmesser von 250 mm und einer Stärke von 40 mm.

Gegenüber dem in Figur 2 dargestellten Rohling 2 zeichnet sich der Rohling 1 somit durch einen vom Außenrand 9 nach Innen abnehmenden Verdickungsbereich 12 aus. Diese stellt insbesondere im Bereich des Außenrandes 9 eine Verstärkung des auch sonst vorhandenen Übermaßes 11 dar.

Aufgrund des Verdickungsbereichs 12 stellt sich beim Aufheizen und Abkühlen ein flacherer Temperaturgradient und ein homogeneres Temperaturprofil als beim Rohling 2 ein. Damit einhergehend kommt es beim Rohling 1 aufgrund des Verdickungsbereichs 12 auch zu einem homogeneren Verlauf der Lage des chemischen Gleichgewichts nach Gleichung (1) innerhalb der Bauteil-Kontur 10.

Außerdem wird durch den Verdickungsbereich 12 die Ausdiffusion von Wasserstoff aus den Randbereichen 9 des Rohlings 1 behindert und dabei die gleichzeitig die mittlere Diffusionsweglänge insgesamt verlängert. Insbesondere durch die konkave Form der Oberfläche von Rohling 1 wird eine Angleichung der Diffusionsweglängen innerhalb des Rohlings 1 und eine enge Verteilung der Diffusionsweglängen erreicht, so dass sich trotz Ausdiffusion von Wasserstoff beim Tempern des Rohlings 1 ein flacherer Gradient der Wasserstoffkonzentration innerhalb der Bauteil-Kontur 10 einstellt.

Insgesamt ergibt sich bei dem Rohling 1 innerhalb der Bauteil-Kontur 10 eine vergleichsweise konstante Lage des chemischen Gleichgewichts (1) und somit auch von daher eine homogene Verteilung der fiktiven Temperatur.

Die Figuren 3 und 4 zeigen Abwandlungen der in Figur 1 dargestellten, idealen „konkaven Temperform“. Beim Rohling 3 gemäß **Figur 3** ist ein Verdickungsbereich 12 vorgesehen, innerhalb dem der Abstand „A“ zwischen Oberseite 7 und Unterseite 8 vom Außenrand 9 bis zu einem Bereich um die Mittelachse 5 linear abnimmt. Beim Rohling 4 gemäß **Figur 4** ist ein im dargestellten Querschnitt hantelförmiger Verdickungsbereich 12 vorgesehen. Die Wirkung der in den Figuren 3 und 4 dargestellten Verdickungsbereiche 12 hinsichtlich der Einstellung einer hohen Homogenität im Bereich der Bauteil-Kontur 10 beim Tempern der Rohlinge 3 und 4 ist vergleichbar mit dem Rohling 1 gemäß Figur 1.

Beim Tempern (insbesondere beim Abkühlen) unter Einsatzes eines Rohlings 1,3,4 gemäß der vorliegenden Erfindung stellt sich im Bereich der Bauteil-Kontur 10 ein flacher Temperaturgradient, ein flacher Gradient der Wasserstoffkonzentration, eine flache Verteilung der Lage der oben angegebenen chemischen Gleichgewichts (1), sowie lokal ähnliche zeitliche Verläufe der Viskosität ein. Damit einhergehend ergibt sich eine hohe Homogenität innerhalb der Bauteil-Kontur 10.

Für die Herstellung der Rohlinge 1, 3 und 4 sind Press-, Umform- und Schmelzverfahren unter Einsatz geeigneter Formen besonders geeignet.

**patentansprüche**

1. Rohling für ein optisches Bauteil aus Quarzglas, der eine Kontur des optischen Bauteils mit Übermaß umfasst und dessen Oberfläche durch eine Unterseite, eine dieser mit Abstand gegenüberliegende Oberseite, und einen um eine Mittelachse umlaufenden Außenrand gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein im Bereich des Außenrandes (9) beginnender und sich in Richtung der Mittelachse (5) erstreckender, umlaufender Verdickungsbereich (12) vorgesehen ist, in welchem der Abstand zwischen Unterseite (8) und Oberseite (7) größer ist als im Bereich der Mittelachse (5).
2. Rohling nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen Unterseite (8) und Oberseite (7) über den Verdickungsbereich (12) – vom Außenrand (9) in Richtung der Mittelachse (5) gesehen - stetig abnimmt.
3. Rohling nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand schneller als linear abnimmt.
4. Rohling nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand linear abnimmt.
5. Rohling nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdickungsbereich (12) am Außenrand (9) beginnt.
6. Rohling nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Verdickungsbereich (12) von der Mittelachse (5) bis zum Außenrand (9) erstreckt.
7. Rohling nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass, die Unterseite (8) und die Oberseite (7) mit einem Verdickungsbereich (12) versehen sind.

8. Verfahren zur Herstellung eines Rohlings für ein optisches Bauteil aus Quarzglas, umfassend einen Verfahrensschritt, in welchem eine die Kontur des herzustellenden optischen Bauteils mit Übermaß umfassende Vorform, deren Oberfläche durch eine Unterseite, eine dieser mit Abstand gegenüberliegende Oberseite, und einen um eine Mittelachse umlaufenden Außenrand gebildet wird, bereitgestellt und einer thermischen Behandlung unterworfen wird, dadurch gekennzeichnet, dass als Vorform ein Rohling nach einer Ansprüche 1 bis 7 eingesetzt wird.



## **Zusammenfassung**

### **Rohling für ein optisches Bauteil sowie Verfahren zur Herstellung desselben**

Um ausgehend von einem bekannten Rohling für ein optisches Bauteil aus Quarzglas, der eine Kontur des optischen Bauteils mit Übermaß umfasst und dessen Oberfläche durch eine Unterseite, eine dieser mit Abstand gegenüberliegende Oberseite, und einen um eine Mittelachse umlaufenden Außenrand gebildet wird, dahingehend zu verbessern, dass daraus dem optische Bauteile hoher Homogenität erhalten werden können, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass ein im Bereich des Außenrandes beginnender und sich in Richtung der Mittelachse erstreckender, umlaufender Verdickungsbereich vorgesehen ist, in welchem der Abstand zwischen Unterseite und Oberseite größer ist als im Bereich der Mittelachse. Ein kostengünstiges Verfahren zur Herstellung eines derartigen Rohlings zeichnet sich durch einen Verfahrensschritt aus, in welchem eine die Kontur des herzustellenden optischen Bauteils mit Übermaß umfassende Vorform, deren Oberfläche durch eine Unterseite, eine dieser mit Abstand gegenüberliegende Oberseite, und einen um eine Mittelachse umlaufenden Außenrand gebildet wird, bereitgestellt und einer thermischen Behandlung unterworfen wird.

1/2

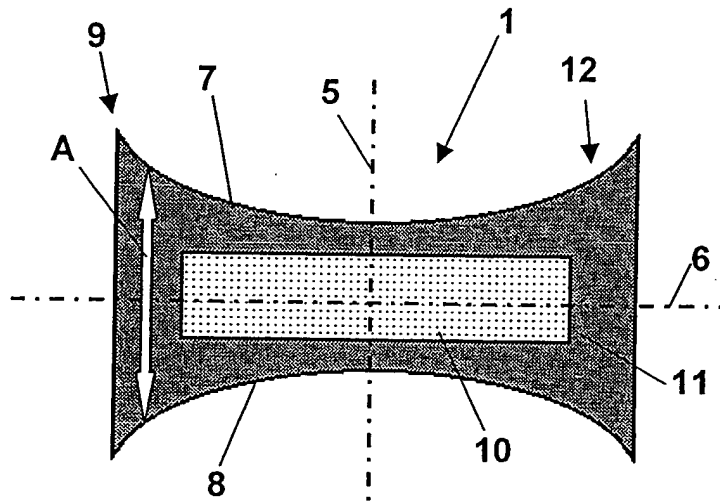


Fig. 1

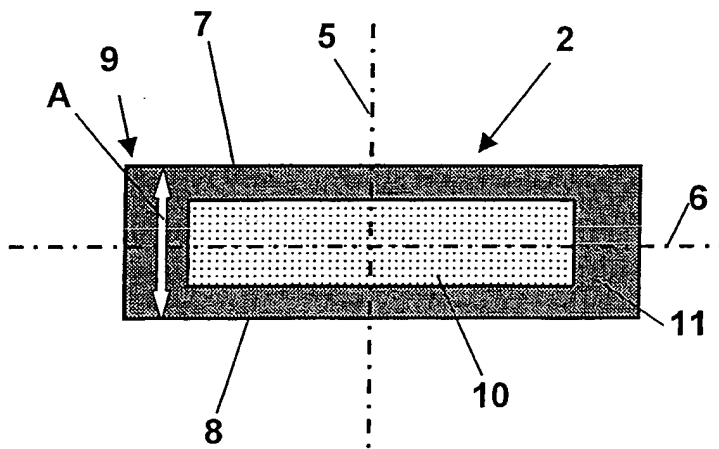


Fig. 2 (Stand der Technik)

2/2

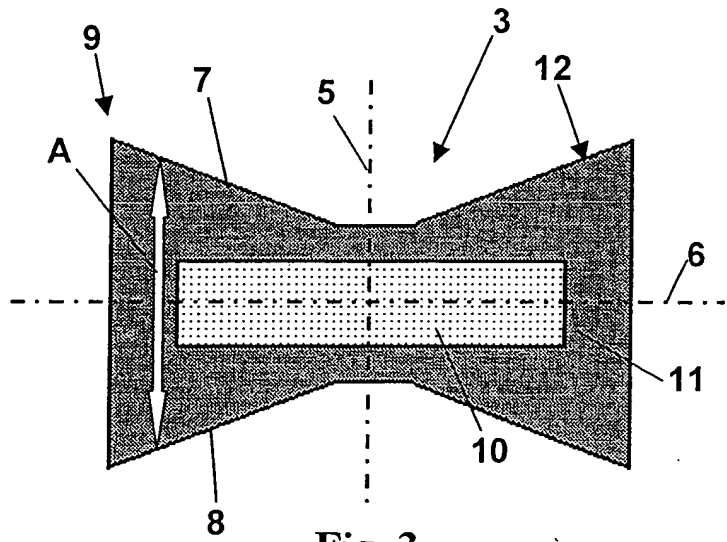


Fig. 3

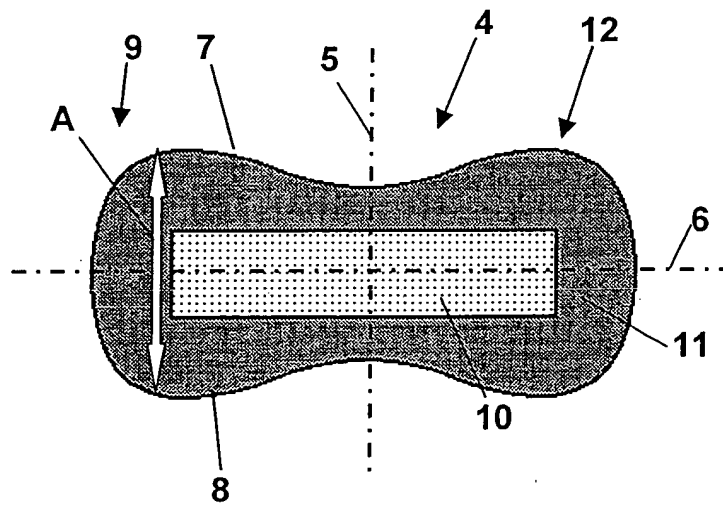


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**